PART3 地球の全球熱収支と温室効果

目標 地球の大気と地表を分けたときの全球熱収支と，温室効果の原理について説明できる。

Chapter1　地球の全球熱収支

地球と宇宙空間の間の熱のやりとりは，放射によって行われています。地球の受け取る放射エネルギーと地球から放射されるエネルギーがつり合っている条件について，少し詳しく見ていきましょう。

放射平衡温度

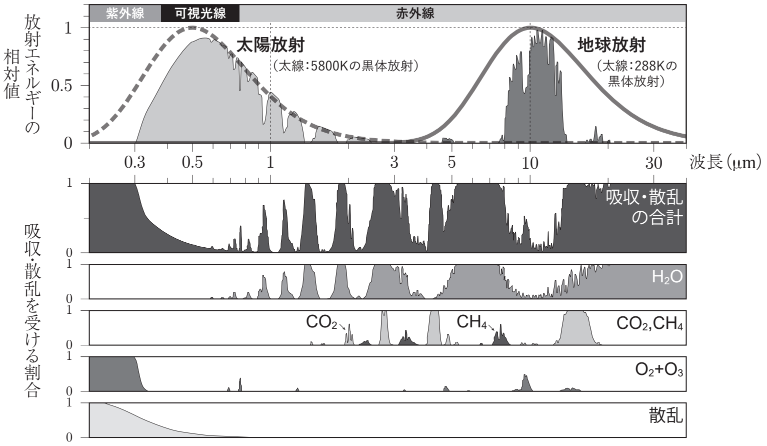
・大気による放射の吸収と散乱

大気中の分子は，その内部の結合に応じた特定の波長の電磁波を吸収する。また，可視光から紫外線にかけての波長の短い電磁波は，大気中の分子による散乱を受けやすい。

吸収の例

水蒸気，二酸化炭素，メタン……おもに（紫外線 / 赤外線）

オゾン……おもに（紫外線 / 赤外線）



知っておこう

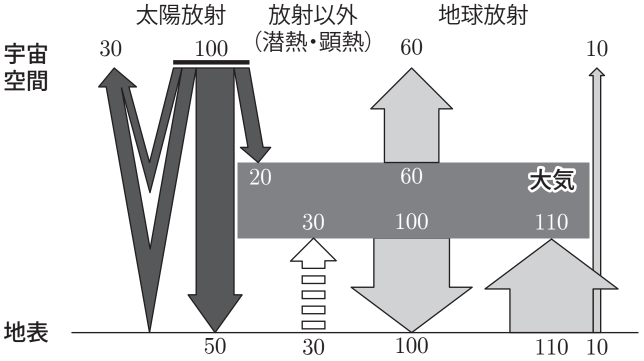
大気による吸収・散乱をあまり受けない波長領域は**大気の窓**と呼ばれています。赤外線領域の大気の窓としては，波長 10μm 前後の波長領域が代表的です。

大気の窓の波長領域は，気象衛星から地表を観測したり，地表から宇宙の天体を観測したりする際に利用されています。

・**地球の全球熱収支**

　ある領域についての熱収支を考えたとき，正味で受け取るエネルギーが正であれば，温度が（上昇 / 低下）する。

　地球全体，あるいは大気や地表の温度が長期的にほぼ一定となっていることからは，地球全体でみたときだけでなく，大気や地表のそれぞれについても，受け取るエネルギーと失うエネルギーがほぼ等しいと推定される。



・**温室効果**

　可視光線をよく通すが，赤外線を吸収する性質のある気体を**温室効果ガス**とよぶ。地球の大気中の温室効果ガスとしては，多く含まれる順に水蒸気，二酸化炭素，メタンが挙げられる。

　大気中の温室効果ガスは地表からの赤外線を吸収し，さまざまな方向に（可視光線 / 赤外線）として（反射 / 放射）する。その赤外線は地表によって吸収され，地表の温度を上昇させる。温室効果ガスのもつこのようなはたらきを**温室効果**という。

知っておこう

左の図の「宇宙空間」は，地球の大気上端と考えてかまいません。

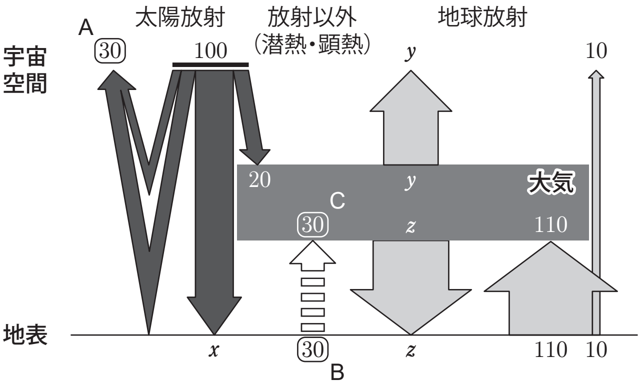
　また，地学基礎でも学んだように，**潜熱**は水の状態変化に伴って輸送されるエネルギー，**顕熱**は状態変化を伴わずに輸送されるエネルギーです。

まとめ

- 地球全体でみたときだけでなく，大気や地表のそれぞれについても，受け取るエネルギーと失うエネルギーはほぼ等しい。
- 温室効果とは，温室効果ガスが地表からの________を吸収し，________を放射することで地表の温度を上昇させるはたらきである。

Chapter2　演習問題

ここでは，地球の熱収支について，具体的な数値を用いて見ていきましょう。次の図は，宇宙空間・大気・地表における地球全体のエネルギーのやり取りを模式的に表したものです。ただし，数値は宇宙空間から地球の大気上端に入射する太陽放射のエネルギーを 100 とした値です。また，以下では宇宙空間・大気・地表において，エネルギーのつり合いが成り立っているものとします。



問題⑴　地球の大気上端に入射する太陽放射のエネルギー 100 のうち，反射されるエネルギー〔図中の A の 30〕の占める割合を何と呼ぶか，カタカナで答えましょう。

問題⑵　温室効果について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

地球の大気は温室効果ガスを含み，地表から放射された（可視光線 ／ 赤外線）の約（1 割 ／ 9 割）を吸収する。このエネルギーは（可視光線 ／ 赤外線）としてさまざまな方向に放射され，地表はその一部を吸収する。これによって地表の温度を上昇させるはたらきを温室効果という。

問題(3)　図中の B から C へのエネルギーの輸送について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

ここで輸送されるエネルギーのうち約８割は潜熱，すなわち水の状態変化に伴ってやりとりされる熱の輸送である。

地表で水が液体から気体に変化するとき，水分子は（周囲からエネルギーを受け取る / 周囲にエネルギーを放出する）。気体の水が上空へともたらされて冷却されると，水は気体から液体や固体へと変化する。このとき,水分子は（周囲からエネルギーを受け取る / 周囲にエネルギーを放出する）。

このように考えると，地表面に存在した水が上空へともたらされ，そこで雲や降水となることによって，地表から大気へと熱が輸送されるといえる。これが，B から C への潜熱輸送である。

問題(4)　図中の宇宙空間・大気・地表においてエネルギーのつり合いが成り立っていることを用いて，x，y，z の値を求めましょう。

第12講　PART3　確認問題

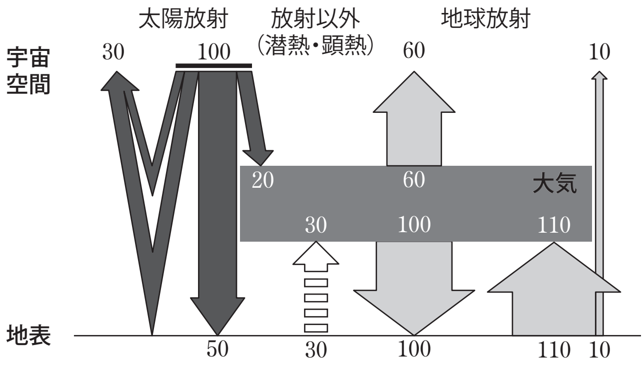
問１　次の文章を読み，下の問いに答えよ。

地球は宇宙空間との間で熱のやりとりをしており，地球が吸収するエネルギーと放出するエネルギーがつり合っている。地球全体だけでなく，大気や地表のそれぞれについても，ａエネルギーの収支がつり合っている。

大気中の分子は，その種類によって特定の波長の電磁波を吸収する。おもに赤外線を吸収するのは（　ア　），おもに紫外線を吸収するのは（　イ　）である。

温室効果ガスとは，（　ウ　）をよく通すが，（　エ　）を吸収する性質のある気体のことである。地球の大気中に最も多く含まれる温室効果ガスは（　オ　）である。

(1)　下線部ａについて，次の図は，地球が受けとる太陽放射のエネルギーを 100 としたときの地球のエネルギー収支を表している。地球の大気が吸収するエネルギーとして最も適当な数値を，下の①～④のうちから一つ選べ。



①　20　　②　50
③　110　　④　160

(2) 空欄ア，イに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ア：二酸化炭素，メタン　　イ：水蒸気，オゾン

② ア：水蒸気，オゾン　　イ：二酸化炭素，メタン

③ ア：水蒸気，二酸化炭素，メタン　　イ：オゾン

④ ア：オゾン　　イ：水蒸気，二酸化炭素，メタン

(3) 空欄ウ，エに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ウ：赤外線　　エ：紫外線

② ウ：赤外線　　エ：可視光線

③ ウ：可視光線　　エ：紫外線

④ ウ：可視光線　　エ：赤外線

(4) 空欄オに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 二酸化炭素　　② メタン

③ 水蒸気　　④ 酸素

第 12 講　地球表層の熱収支

PART1　シュテファン・ボルツマンの法則

問題(1)　垂直，$4\pi r^2$，垂直

問題(2)　ア：$4\pi S_0 r^2$

問題(3)　イ：σT^4　ウ：$4\pi R^2$　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(4)　オ：$\sqrt[4]{\dfrac{S_0 r^2}{\sigma R^2}}$，6000K

PART2　ウィーンの変位則

問題(1)　X：紫外線　Y：可視光線　Z：赤外線

問題(2)　a

問題(3)　ア：288　イ：10　ウ：0.5　エ：6000

λ，反比例

PART3　地球の全球熱収支と温室効果

問題(1)　アルベド

問題(2)　赤外線，９割，赤外線

問題(3)　周囲からエネルギーを受け取る，周囲にエネルギーを放出する

問題(4)　x：50　y：60　z：100

PART4　地球の放射平衡温度

問題(1)　ア：$\pi S_0 R^2$　イ：$\pi S_0(1-A)R^2$

問題(2)　ウ：σT^4　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(3)　$\sqrt[4]{\dfrac{S_0(1-A)}{4\sigma}}$

問題(4)　255K，−18℃

第12講　PART3　確認問題　解答

問1

(1)　④

解説：
地球の大気が吸収するエネルギーは，太陽放射から 20，潜熱・顕熱の 30，地表からの 110 を合わせて 160 である。

(2)　③

解説：
赤外線を吸収するのは水蒸気，二酸化炭素，メタン。紫外線を吸収するのはオゾン。

(3)　④

解説：
可視光線をよく通すが，赤外線を吸収する性質をもつ気体を温室効果ガスという。

(4)　③

解説：
地球の大気に含まれる温室効果ガスは多い順に水蒸気，二酸化炭素，メタンである。